

O potencial da engenharia reversa como meio de obtenção de tecnologia de produto e processos em pequenas e médias empresas

Carlos Eduardo Sanches da Silva (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) sanches@unifei.edu.br
Carlos Eduardo Fernandes (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) carlosfernandeskk@yahoo.com.br
Rafael Arthur (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) rafael@praticafornos.com.br
Soraia Diniz (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) dinizsoraia@yahoo.com.br
Bruno Faria Almeida (Universidade Federal de Itajubá - Brasil) bralmeida@hotmail.com

Resumo

Na atualidade, são grandes as necessidades de melhoria dos produtos e processos, a eles acrescenta-se a carência de pessoal qualificado em áreas técnicas e a crescente necessidade de rápidas soluções. Muitas vezes, as indústrias não aproveitam, imediatamente, os avanços e soluções tecnológicas e, em um segundo momento, o aprimoramento e a modernização de produtos e processos que acontecem sistematicamente. Surge como meio de se absorver estas tecnologias a engenharia reversa, erroneamente confundida com pirataria. Esta pesquisa tem como objetivo descrever o potencial da engenharia reversa e planejar sua implementação em uma empresa de pequeno porte. O planejamento da engenharia reversa estabelece um algoritmo capaz de avaliar o desempenho térmico do produto e aperfeiçoá-lo. Percebe-se, nesse caso, a falta de integração entre a indústria e os centros de pesquisa universitários. Palavras chave: tecnologia; engenharia reversa; produto

1 - Essência e a natureza do problema

O desempenho das exportações brasileiras superou a média mundial em 2004. Segundo o Fundo Monetário Internacional as vendas externas do país ampliaram-se 32%, ante um aumento previsto de 18,3% das exportações mundiais. Esse é o segundo ano consecutivo em que o Brasil supera a média mundial em exportações. O Brasil, até muito pouco tempo, até 2003, tinha ainda uma participação pouco inferior a 1% do comércio mundial. Atualmente com US\$ 96,5 bilhões de exportações, o Brasil superou a barreira de 1%, sendo o comércio mundial da ordem de US\$ 9,6 trilhões.

As micro e pequenas empresas (MPEs) são parte integrante do desenvolvimento econômico de um país, quando participam efetivamente da atividade exportadora (Brum, 1997). Nos Estados Unidos, segundo o Departamento de Comércio, empresas com menos de 19 empregados contribuem com cerca de 50% das exportações. Na Itália são 64% das exportações geradas por empresas com 14 trabalhadores, através dos consórcios e cooperativas de exportação.

No Brasil, o modelo exportador foi baseado na concentração dos grandes conglomerados empresariais, concentrando a atividade nas multinacionais e grandes empresas que representam aproximadamente 85% da pauta exportadora, sendo que as MPEs totalizam 90% do número de empresas no país.

A média e pequena empresa destaca-se como grande agente de desenvolvimento econômico, com o aumento da sua participação na geração de empregos, muito embora continue com pouco potencial de exportação. Brum (1997) ressalta a dificuldade da média e pequena empresa de desenvolver produtos competitivos em uma economia globalizada e complementa dizendo que nessa limitação destacam-se os seguintes fatores: a escassez de recursos; e a

necessidade que essas empresas têm de ações de reestruturação da área de desenvolvimento de produtos.

Segundo Barnett e Clark (1998), os produtos têm uma vida útil limitada e precisam ser aperfeiçoados, desenvolvidos e inovados se a empresa deseja manter-se competitiva. As pressões geradas pela competição têm levado as organizações a introduzir com mais rapidez os seus produtos no mercado, com menor custo e melhor qualidade (STALK e HOUT, 1990; BLACKBURN, 1991; WHEELWRIGTH e CLARK, 1992; BARNETT e CLARK, 1998; STALK, 1998). A competitividade é fortemente relacionada ao desenvolvimento de produtos, embora não determinada exclusivamente por esse processo.

Para Soares (1982), embora a dinâmica de crescimento tenha favorecido as grandes empresas, o papel das pequenas no processo de desenvolvimento não perdeu importância.

Atualmente, segundo Peres (1998), estamos na fase de inserção na economia global, onde, segundo Solomon (1986), Porter (1993), Peres (1998) e Jannuzzi e Montalli (1999) a média e pequena empresa desempenha papel fundamental.

Para Peres (1998) o maior problema das empresas exportadoras consiste, inicialmente, na necessidade de reconhecer as exigências dos mercados externos, bastante diferenciadas do mercado interno, e transformá-las em ações estratégicas.

No cenário mundial dinâmico e globalizado, a competição pelos mercados consumidores se dá não somente entre empresas geograficamente próximas, mas entre fabricantes mundiais. Torna-se essencial que as empresas brasileiras exportadoras monitorem seus concorrentes mundiais, as necessidades e oportunidades existentes em seus mercados-alvo, para implementem ações que possibilitem o rápido desenvolvimento ou adaptação de seus produtos às demandas emergentes.

A Engenharia Reversa (ER) destaca-se como uma técnica de desenvolvimento ou adaptação de produtos. Mury (2000) cita que a ER é um tema pouco abordado e difundido nos países geradores de tecnologia por ser freqüentemente confundido com simples cópia de produtos. Esta técnica, no entanto, quando inserida em uma metodologia para implementação de melhorias em produtos, toma como ponto de partida às especificações técnicas de um produto já lançado no mercado, objetivando o aperfeiçoamento e não a simples cópia do produto já existente. No que tange ao desenvolvimento ou adaptação de um produto, o ponto crítico para a ER é a formulação de especificações do novo produto, sendo para tanto, necessário atividades de pesquisa e desenvolvimento. A elaboração do projeto do processo produtivo também apresenta uma complexidade que demanda conhecimentos técnicos. O conceito de que ER consiste na simples cópia de um produto também é questionada por Dias (1998) que enfatiza a necessidade de expertise técnica por parte de seus executores.

A essência da aplicação da ER é na reprodução e aperfeiçoamento de peças já existentes, onde sejam desejadas melhorias, tais como redução de custo ou mesmo inclusão de novas características ao produto. Além disso, um projeto de ER permite, através da construção de peças de reposição, fora de linha ou de difícil acesso, manter equipamentos obsoletos em funcionamento.

Portanto, já que o processo de desenvolvimento de produtos é um fator de competitividade e as pequenas e médias empresas têm uma grande importância econômica, este trabalho coloca um instigante objeto de estudo: o planejamento e gerenciamento da tecnologia de produtos na média e pequena empresa através da implementação da Engenharia Reversa com ênfase a exportação.

O escopo deste trabalho inclui o planejamento da implementação da ER visando aperfeiçoar um produto com ênfase para exportação. Os resultados almejados para a empresa são a avaliação e o aperfeiçoamento do produto e dos processos produtivos.

Inicia-se com identificação do melhor produto mundial (referência), posteriormente são estabelecidas hipóteses relativas ao produto e ao processo a serem testadas, ensaios são realizados com o intuito de se testarem as hipóteses estabelecidas, a análise dos resultados se desdobra em aperfeiçoamentos que serão incorporados no desenvolvimento de novos produtos. Deste modo, o resultado não se resumiu à simples reprodução do produto atualmente comercializado pelo cliente importador, mas sim à confecção de um produto superior.

2 - A engenharia reversa

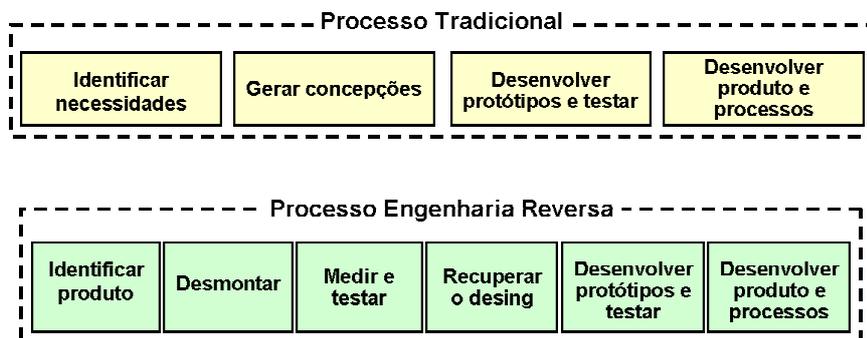
A maior parte da literatura sobre ER enfoca a sua utilização na reprodução de programas computacionais. O conceito de Engenharia Reversa é pouco difundido na linguagem técnica formal (sendo confundido a cópia ilegal a partir da qual não são revertidos *royalties* às empresas ou indivíduos originalmente responsáveis pelo desenvolvimento do produto copiado, ou seja, pirataria).

As definições de Engenharia Reversa são descritas no quadro 1.

Autor	Definição
Chandru e Manohar (1997)	Processo de construção de um modelo em CAD a partir de uma parte física.
Geiger e Huber (1998)	processo de obtenção de informações sobre a geometria da peça, material e tolerâncias.
Ingle (1994)	processo de desmontagem de um produto, com o objetivo de determinar como o produto foi desenvolvido ou desenhado, desde seus componentes até o produto final.
Otto e Wood (1998)	Processo que se inicia ouvindo a voz do cliente, objetivando adaptações e melhorias no produto já existente antes de reconstruí-lo.

Quadro 1 – Definições da Engenharia Reversa.

Verifica-se no quadro 1 que a concepção de ER encontra-se em evolução sendo incorporada de maneira sistemática ao processo de desenvolvimento de produtos e que consiste fundamentalmente no processo de confecção de um produto a partir de um similar já existente. Ingle (1994) chega a propor, com certa dose de exagero, a ER como um processo de desenvolvimento de produto (figura 1).



Fonte: Ingle (1994)

Figura 1 – Comparação dos processos de desenvolvimento de produto tradicional e através da ER.

Na prática a ER possui grande importância no desenvolvimento tecnológico de países emergentes, principalmente os que dispõem de maturidade tecnológica (DIAS, 1998). Temos exemplos na indústria japonesa pós-guerra, na década passada a Coreia e atualmente a China. Por ser uma técnica que permite efetuar adaptações em produtos de maneira rápida, se

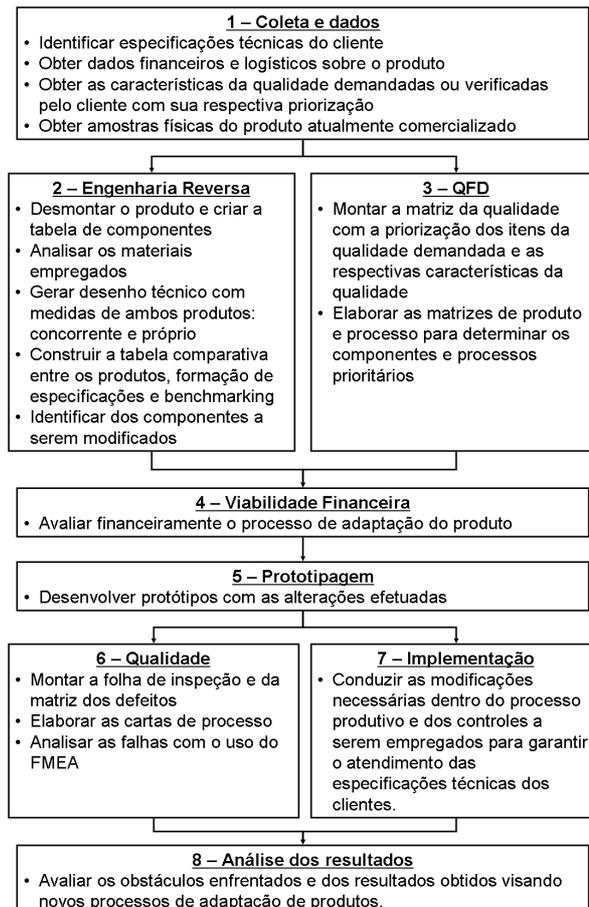
comparada ao desenvolvimento próprio, à utilização da ER nesses países abre espaço para adequações em produtos destinados a mercados específicos, habilitando, deste modo, as empresas exportadoras a oferecer o que cada mercado necessita.

O tema ER é abordado em trabalhos científicos descritos no quadro 1.

Pesquisador	Abordagem	Limitações
Ingle (1994)	Considera que a ER focaliza basicamente a reprodução de peças enfatizando a avaliação financeira. O foco concentra-se nas atividades e tecnologias que permitam a reprodução fiel de uma peça ou sistema, partindo do pressuposto que a mesma não necessita de alterações.	Abordagem restrita a reprodução de peças.
Otto e Wood (1998)	Propõe uma metodologia de <i>redesign</i> que considera a voz do consumidor, a ER e técnicas de modelagem, objetivando aperfeiçoar o produto tornando-o mais adequado, do ponto de vista mercadológico.	Não visa sua adaptação a um cliente específico.
Mury (2000)	Propõe a avalia uma metodologia desdobrada nas etapas: Coleta de Dados, Engenharia Reversa, QFD (Desdobramento da Função Qualidade), Viabilidade Financeira, Prototipagem, Qualidade, Implementação e Análise dos Resultados.	Abordagem superficial do contexto da formulação tecnológica estratégica.

Quadro 2 – Pesquisas sobre o tema ER.

Identifica-se no quadro 2 a necessidade de incorporar a ER a um contexto estratégico, tático e operacional que incorpore o planejamento e o gerenciamento da tecnologia de produto. A proposta de Mury (2000) para aplicação da ER no processo de desenvolvimento de produtos é descrita na figura 2.



Fonte: Mury (2000).

Figura 2 – Proposta de incorporação da ER no desenvolvimento de produtos.

A ER, apesar de amplamente praticada, possui restrições por poder ter seus resultados sujeitos à proteção legal, dependente da legislação do país ao qual o produto se destina.

Os aspectos jurídicos relativos às patentes não são considerados diretamente em nenhum das abordagens (quadro 2). Informações propriedade industrial podem ser obtidas, por exemplo, na Organização Mundial da Propriedade Intelectual.

No tocante às barreiras relativas às exportações os grupos que mais se destacam são as barreiras (PUGA, 2003): tarifárias (tarifas de importação, outras taxas e valoração aduaneira); não-tarifárias (restrições quantitativas, licenciamento de importações, procedimentos alfandegários, medidas antidumping e compensatórias); e técnicas (normas e regulamentos técnicos – certificações e homologações, regulamentos sanitários, fitossanitários e de saúde animal).

A ER contribui para a homologação de produtos, utilizando como referência produtos consolidados no mercado alvo, que posteriormente são avaliados através do processo de ER, minimizando assim os recursos a serem alocados no processo de certificação.

A utilização da ER busca obter como resultado final o desenvolvimento de um produto suficientemente próximo do produto já conhecido no mercado, mas suficientemente diferente, tendo em vista eventuais melhoramentos, adequações ou otimizações; utilizar um produto consolidado no mercado como ponto de partida, como feito na ER, diminui o risco de falhas nos projetos.

3 – Planejamento da implementação da engenharia reversa

Nas micro, pequenas e médias empresas de base tecnológica as restrições de recursos limitam o processo de desenvolvimento de produtos e os fundamentos da ER são muitas vezes utilizados de maneira parcial. Parte das necessidades destas empresas podem ser supridas através de projetos integrados com o segmento acadêmico.

Diferentes segmentos da sociedade vêm tentando sensibilizar ao longo das três últimas décadas os responsáveis pelas políticas públicas sobre a importância da inserção de micros, pequenas e médias empresas (MPME's) quando da formulação do Projeto Macroeconômico Nacional. Dada à capacidade de flexibilidade e dinamicidade em relação às alterações do mercado, e, tendo em vista sua representatividade quantitativa, podem contribuir para o bom funcionamento da cadeia econômica gerando emprego e renda e também para o alcance das tão almejadas estabilidade e retomada do crescimento. Países que exibem os melhores indicadores econômicos e sociais, para atingirem tais níveis, destinaram especial atenção ao segmento nas questões relativas à legislação, tributação, financiamentos, comércio internacional, desenvolvimento tecnológico e gerencial. Alinha-se a esses fatores o papel das instituições universitárias no desenvolvimento tecnológico nacional.

A região do Sul de Minas Gerais constitui um arranjo produtivo local (clusters) na área de eletrônica conhecida como “Vale da Eletrônica”, onde várias empresas do setor eletroeletrônico estão instaladas. Além, da existência de uma universidade com laboratórios consolidados capazes de desenvolver os ensaios necessários a ER. Nesta região encontra-se o objeto de estudo desta pesquisa, MPME's de eletroeletrônica.

Os clusters são concentrações geográficas de empresas – similares, relacionadas ou complementares – que atuam na mesma cadeia produtiva auferindo vantagens de desempenho por meio da locação e, eventualmente, da especialização. Essas empresas partilham, além da infra-estrutura, o mercado de trabalho especializado e confrontam-se com oportunidades e ameaças comuns (PORTER, 1990; DOERINGER e TERKLA, 1995; e ROSENFELD, 1977).

Neste contexto identificou-se uma empresa fabricante de fornos industriais que deseja aumentar suas exportações para o mercado comum europeu, Estados Unidos e Canadá. Destaca-se que os fornecedores da empresa são da região e participam integralmente do projeto.

Este projeto, seguindo exemplos de países desenvolvidos, descreve parte do contexto de uma pesquisa realizada de maneira cooperativa entre a UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá) e a Prática Technicook (indústria de fornos profissionais) com o apoio da FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais).

As etapas de planejamento descritas são fundamentadas na sistemática proposta por Mury (2000):

3.1 – Coleta de dados

O produto identificado como benchmarking internacional é descrito na figura 3, bem como seu similar da empresa (combinado ECG 6 a gás). O quadro 2 apresenta os principais dados de técnicos do produto benchmarking bem como seus respectivos preços.



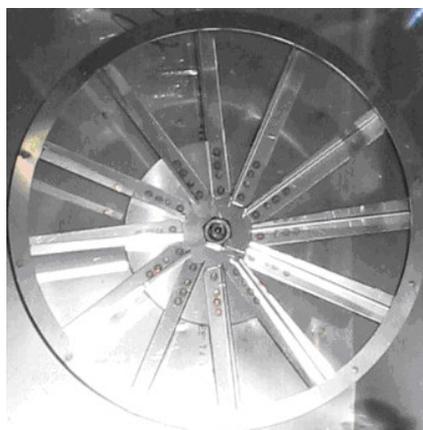
Figura 3 – Benchmarking e o produto da empresa.

CombiMaster	
Características de destaque	<ul style="list-style-type: none"> • O CombiMaster cozinha até 15% mais rápido que Combi convencional • Alto desempenho térmico • Superfície de fácil limpeza • Facilidade de acionamento dos cinco modos de cocção • Preocupação com a segurança do operador limitando a altura em 1,60 metros, assim o operador reduz o potencial de perigo por não trabalhar em alturas superiores a altura de seus olhos. • Comparando com fornos convencionais o forno CombiMaster ocupa 28% menos espaço • Facilidade de limpeza, higiene e descalcificação através de um sistema automático de limpeza.
Certificações	<ul style="list-style-type: none"> • Declaration of conformity: CE • Electrical safety: VDE, CE, UL, CUL, KEMA, GOST • Electromagnetic compatibility: VDE/EMV • Gas approval: GASTEC QA, DVGW, CSA, JIA, PCT • Drinking water protection: DVGW, SVGW, KIWA, WRAS • Hygiene: NSF • Mechanical safety – accident prevention: VDE • Splash- and hoseproofness: IPX 5 • Marine version: Germanischer Lloyd

Quadro 2 – Comparação dos fornos CombiMaster e ECG 6.

O forno ECG 6 não possui nenhum certificado e seu preço é da ordem de R\$ 8.000,00 enquanto o Combimaster custa R\$ 20.000,00.

A especificação técnica priorizada pelos clientes internacionais, que mais destaca é a eficiência térmica. Neste contexto surge a hipótese de que o desempenho térmico do forno de Combimaster é superior ao ECG 6. Os detalhes construtivos dos trocadores de calor (forma e localização) e a turbina sugerem que o Combimaster possui é mais eficiente que o ECG 6 (figura 4).



Combimaster

Forno ECG 6

Figura 4 – Detalhes construtivos.

3.2 – Planejamento do ensaio para cálculo do balanço térmico

O balanço térmico de um forno é uma ferramenta que permite avaliar seu desempenho energético, identificando seus principais pontos fortes e fracos sob esse ponto de vista. Tem como função diagnosticar o nível de desempenho energético conseguido por fornos. Como se sabe, ele nada mais é do que a quantificação de todas as entradas e saídas de calor de um forno.

Sua aplicação é mais comum em altos-fornos, onde ele é vital ao processo metalúrgico. Isso provavelmente decorre do fato, de que a quantidade de energia envolvida nesses casos é muito menor do que nos outros fornos a montante do processo siderúrgico. São escassas informações na literatura sobre a execução de balanços térmicos no caso de fornos alimentícios industriais (INCROPERA, 1998).

Para que um balanço térmico seja fidedigno é necessário não só dispor de um bom algoritmo de cálculo, como também medir precisamente todos os parâmetros operacionais que se fizerem necessários à determinação das quantidades de calor envolvidas. É bem verdade que essas medições podem ser penosas, demoradas e caras, mas permitem testar várias hipóteses e desenvolver conhecimentos significativos sobre o forno.

O objetivo imediato desse trabalho consiste em identificar suas deficiências do ponto de vista energético e priorizar sua correção em função dos resultados obtidos.

Surge à necessidade de desenvolver um algoritmo para o cálculo do balanço térmico desse equipamento, constatou-se que raras eram as referências bibliográficas sobre esse assunto. Portanto, desdobra-se a necessidade de se criar uma metodologia própria para o cálculo desse balanço térmico, adequada às peculiaridades do equipamento disponível.

Procedimento experimental

O primeiro passo para se iniciar o procedimento para determinação do balanço térmico de um forno consiste em compreender adequadamente o seu processo de funcionamento. Vale destacar que o material utilizado no forno é o aço inoxidável que possui uma baixa condutibilidade térmica.

A análise preliminar do forno permite identificar as seguintes fontes de calor para o aquecimento (quadro 3). Os diversos cálculos ligados à combustão, como a determinação da energia fornecida e os respectivos volumes e composições dos gases envolvidos nessa reação, bem como do calor latente proporcionado pelo ar pré-aquecido, serão calculados através do desenvolvimento de um algoritmo (INCROPERA, 1998 e ESPINOZA, 2003).

Entradas de calor	Saídas de calor	Calculo
Combustão de gás natural	<ul style="list-style-type: none"> • Aquecimento da carga. • Calor sensível dos fumos da combustão. • Calor extraído pela água. 	Calculados em função da diferença de temperatura observada, da massa e do calor específico da carga.
	<ul style="list-style-type: none"> • Calor irradiado pelas paredes do forno. 	Estimado através de equações de transferência de calor, assumindo-se a geometria do forno e as temperaturas de sua carcaça externa.
	<ul style="list-style-type: none"> • Calor absorvido pelo forno. 	Uma vez que o processo de aquecimento é descontínuo e inicia-se com o forno e sua carcaça sob temperaturas próximas às do ambiente, ao contrário do que ocorre em fornos contínuos, onde a temperatura da carcaça do forno é considerada constante.

Fonte: adaptado de Espinoza (2003)

Quadro 3 – Estrutura básica do balanço térmico.

Os dados, necessários ao cálculo das diversas parcelas do balanço térmico, a serem medidos ao longo de ciclos pré-definidos e usando-se uma base especialmente instrumentada para esse fim.

Os dados básicos a serem coletados a intervalos pré-definidos são:

- Temperatura no interior do forno [°C];
- Temperatura da câmara de combustão [°C];
- Temperatura do ar para combustão na entrada [°C];
- Temperatura do ar para combustão na saída [°C];
- Temperatura da carcaça externa do forno [°C];
- Vazão de gás natural [m³/h];
- Vazão de ar para combustão [m³/h];
- Vazão (fluxo de ar) no interior do forno [m³/h];

Outros dados necessários para o balanço térmico são:

- Composição química [%] e PCI [kcal/Nm³] reais do gás natural;
- Umidade relativa do ar [%];
- Temperatura ambiente [°C];
- Temperatura inicial da carga [°C];
- Peso da carga [kg];
- Teor de oxigênio nos fumos (assumido valor teórico) [%];
- Dimensões do forno (altura e diâmetro) [m].

Esses dados alimentarão o algoritmo para cálculo do balanço térmico do forno.

Recomenda-se realizar três balanços térmicos com o objetivo de se determinar o desempenho energético do forno em caixa em três situações típicas de sua operação:

- Ciclo normal, forno frio;
- Ciclo normal, forno quente;
- Ciclo com patamar durante aquecimento.

Para a realização dos ensaios será necessária a construção de uma bancada de ensaio com sensores para coleta de dados e um software para realizar os cálculos térmicos através do algoritmo proposto. Existe várias empresa no mercado que fornecem os serviços para montagem completa das estruturas necessárias para a realização dos ensaios térmicos.

4 - Conclusões

Os resultados parciais descritos neste artigo identificam o potencial da engenharia reversa e sua grande contribuição para as pequenas e médias empresas como fonte de obtenção de tecnologia de produtos e processos. O grande potencial da ER é obter tecnologia de maneira mais rápida em relação ao desenvolvimento próprio, permitindo que hipóteses sejam testadas e os potenciais de aperfeiçoamentos identificados sejam incorporados nos novos produtos.

As pequenas e médias empresas possuem a necessidade de especialistas para a utilização da engenharia reversa, potencial técnico disponível nas universidades. Neste sentido, os organismos de fomento podem investir na cooperação entre a universidade e as pequenas e médias empresas.

O planejamento da ER propõe um algoritmo capaz de avaliar o desempenho térmico do produto e aperfeiçoá-lo. Percebe-se, nesse caso, potenciais resultados para a empresa:

- identificar oportunidades e vantagens do ponto de vista energético;
- priorizar correções em função dos resultados obtidos;
- avaliar o desempenho térmico do queimador de ar forçado, das configurações do trocador de calor e da turbina;
- desenvolver método específico para cálculo de balanço térmico de fornos;
- avaliar o algoritmo proposto para cálculo do balanço térmico;
- aperfeiçoar o domínio tecnológico térmico dos funcionários da empresa.

Como propostas para continuidade desta pesquisa temos os projetos de: automação do processo de soldagem; cogeração da energia liberada na chaminé do forno; otimização estrutural do forno através da utilização da engenharia reversa; utilização do QFD para identificação dos parâmetros e do DOE para sua avaliação e otimização.

Referências bibliográficas

- BARNETT, B. D.; CLARK, K. B. Problem solving in product development: a model for the advanced materials industries. **International Journal of Technology Management**. Inderscience Enterprises Limited, Danvers, MA, v. 15, n. 8, p. 805-820, 1998.
- BLACKBURN, J. D. **Time-based competition: the next battleground in American manufacturing**. Homewood, IL: Ed. Business One Irwin, 1991.
- BRUM, A. J. **Desenvolvimento econômico brasileiro**. 17. ed. Ijuí, RS: Editora da Unijuí, 1997.
- CHANDRU V.; MONOHAR S. **Volume Modelling for Emerging Manufacturing Technologies**. Sadhana-Academy Proceedings in Engineering Sciences. Bangalore v.22, p.199-216, 1997.
- DIAS, A.B. Engenharia Reversa: uma porta ainda aberta, **Produto & Produção**, Porto Alegre. v.2. n.1, p 1-7, fev. 1998.
- DOERINGER, P. B., and D. G. Terkla. Business strategy and cross-industry clusters. **Economic Development Quarterly**, v. 9, p. 225-37, 1995.
- ESPINOZA, Fidel Romel Mallqui. **Relatório do ensaio para avaliar a potência nominal do protótipo de um queimador infravermelho de ar forçado da ETIN**. SENAI-RS, Estréio, 2003.
- GEIGER, K.;HUBER, R. **Reverse Engineering**, Institute for Computer Applications in Planning and Design, Karlsruhe: Faculty of Mechanical Engineering – University of Karlsruhe, 1994.
- INCROPERA, Frank P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- INGLE, K. A. **Reverse Engineering**, Lexington: McGraw-Hill, 1994, 240p.
- JANNUZZI, C. S. A. C.; MONTALLI, L. M. K. Informação tecnológica e para negócios no Brasil: introdução a uma discussão conceitual. **Revista Ciência da Informação**, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, v. 28, n. 1, jan./abr. 1999.

MURY, Luiz Gilberto Monclaro. **Uma Metodologia Para Adaptação e Melhoria de Produtos a Partir da Engenharia Reversa**, Porto Alegre, Ago. 2000, Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OTTO, K. ; WOOD, K. Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology, **Research in Engineering Design**, v. 10, n. 4, p. 226-243, 1998.

PERES, W. **Grandes empresas y grupos industriales latinoamericanos**: expansão y desafíos en la era de la apertura y la globalización. Disponível em: <<http://www.cepal.org>>. Acesso em: 16 nov. 1998.

PERES, W. **Grandes empresas y grupos industriales latinoamericanos**: expansão y desafíos en la era de la apertura y la globalización. Disponível em: <<http://www.cepal.org>>. Acesso em: 16 nov. 1998.

PORTER, M. **The Competitive Advantage of Nations**. New York: Basic Books, 1990.

PORTER, Michael E. **A vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.

PUGA, F. P. **Alternativas de Apoio as MPMEs localizadas em Arranjos Produtivos Locais**. *Texto para Discussão BNDES*, n. 99, Rio de Janeiro, junho 2003. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo>> Acesso em: 25 jan. 2005.

ROSENFELD, S. A. **Industrial Strength Strategies**. Washington D.C.: The Aspen Institute, 1994.

SOLOMON, S. **A grande importância da pequena empresa**: a pequena empresa nos EUA, no Brasil e no mundo. Rio de Janeiro: Nórdica, 1986.

STALK, G. Time: the next source of competitive advantage. **Harvard Business Review**, Harvard Business School, Boston, MA, v. 66, n. 4, p. 41-51, July-Aug. 1998.

STALK, G.; HOUT, T. M. **Competing against time**: how time-based competition is reshaping global markets. New York: Ed. The Free Press, 1990.

SOARES, W. J. **Pequenas e médias empresas no Brasil**: política econômica e participação Política. 1982. Dissertação (Mestrado em Economia) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development**: quantum leaps in speed, efficiency and quality. New York: Free Press, 1992.